Über lokale Membranfärbung durch Manganverbindungen bei einigen Wasserpflanzen

von

Hans Molisch,

w. M. k. Akad.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

Nr. 1 der zweiten Folge.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. Oktober 1909.)

1. Gelegentlich einiger Studien über den Einfluß des Mangans auf die Pflanze machte ich eine sehr auffallende Beobachtung mit *Elodea.* Gibt man in ein Glasgefäß, das mit einer 0·1 prozentigen Manganochloridlösung versehen ist, lebende Sprosse von *Elodea canadensis* oder *E. densa* und stellt dieses in gutem diffusen Lichte auf, so kann man schon nach mehreren Tagen eine beginnende Braunfärbung der Blätter bemerken, die an Intensität immer mehr und mehr zunimmt, so daß schließlich die Pflanze ihre natürliche grüne Farbe einbüßt und eine mehr oder minder braune Farbe, die die grüne Farbe deckt, annimmt. Zur besseren Veranschaulichung sei folgender Versuch genauer geschildert. Ein Halblitergefäß wird mit 0·1 prozentiger Manganochloridlösung in Moldauwasser und mit zwei fingerlangen *Elodea canadensis*-Sprossen beschickt und sodann an einem Nordfenster am 31. März starkem diffusen Lichte ausgesetzt. Nach drei Tagen bemerkt man an einzelnen Blättern eine bräunliche Färbung, die sich aber noch nicht über das ganze Blatt erstreckt, sondern sich vorläufig in Form von hellbraunen Inseln oder Flecken kundgibt. Bei mikroskopischer Beobachtung erscheinen nun die nach außen liegenden Membranen der Epidermiszellen der Blattoberseite durch einge-

lagertes Manganoxydhydrat hellbraun gefärbt, mit einem Stich ins Fleischfarbige.

Die Braunfärbung rührt zweifellos von einer Manganverbindung her. Ob wirklich ein Manganoxyd oder Manganoxydhydrat vorliegt, ist fraglich und schwer zu erweisen. Wenn ich trotzdem, einer kurzen Ausdrucksweise wegen, in dieser Abhandlung stets von einer Manganoxydeinlagerung spreche, so ist dies immer mit der eben erwähnten Reserve zu verstehen.

Die Einlagerung nimmt gewöhnlich ihren Ausgang von den Schmalseiten der Epidermiszelle, entweder zunächst nur von einer Schmalseite und dann von der anderen oder von beiden gleichzeitig und rückt dann immer mehr gegen das Zentrum der Wand vor, bis schließlich die ganze Außenwand mit Ausnahme einer ganz schmalen peripheren Zone inkrustiert und infolgedessen braun erscheint (Fig. 1 und 2).

Blickt man von oben auf die Epidermiszelle herab, so glaubt man zunächst, daß der Zellinhalt braun gefärbt ist und die farblose Zone an der Peripherie — besonders schön am Blattgrunde zu sehen — erweckt zunächst den Gedanken, daß schwache Plasmolyse eingetreten sei. Allein das ist nur eine Täuschung, denn die Braunfärbung gehört nur der Wand an und ist streng auf die nach außen liegende Wand der Oberhautzelle beschränkt, wie man sich leicht an dünnen Querschnitten des Blattes überzeugen kann (Fig. 3).

Bei sehr intensiver Manganeinlagerung, wie sie z. B. bei Darbietung von Manganum glycerinicum, Manganochlorid und anderen Manganpräparaten eintritt, kann auch die Außenwand der unteren Epidermis von der Einlagerung betroffen werden, doch tritt sie hier immer in viel schwächerem Grade auf als bei der oberen Epidermis.

Zuweilen treten in den Mangankulturen an den Wänden, die das Mangan speichern, Zapfenbildungen auf, die in das Lumen der Zelle vorspringen und Manganoxyd einlagern (Fig. 4b). Löst man das Manganoxyd mit verdünnter Salzsäure heraus, so bleibt der Membranzapfen übrig. In der Flächenansicht geben sich diese Manganzapfen als schwarzbraune

Scheiben, wie sie in der Fig. 4a deutlich hervortreten, zu erkennen.

Ich möchte noch bemerken, daß ganz ähnliche, aber farblose Zapfenbildungen eintreten, wenn man *Elodea* in Leitungswasser zieht, das sehr kleine Mengen von Zink-, Kobalt- oder Nickelsulfat enthält. Überhaupt scheint nach meinen Erfahrungen *Elodea* sehr zu solchen Zapfenbildungen zu neigen, wenn sie in abnormen Lösungen gezogen wird.

Die Einlagerung muß nicht immer so erfolgen wie dies vorhin geschildert wurde, sie muß nicht von den Schmalseiten der Zelle aus beginnen, sondern sie kann auch vom Zentrum, von der Breitseite oder an mehreren Stellen ihren Ausgang nehmen. Das Blatt von *Elodea* besteht, abgesehen von der Mittelrippe, nur aus zwei Zellagen, aus der relativ großzelligen oberen Epidermis und der kleinzelligen unteren Epidermis. Gewöhnlich erscheint, namentlich bei mäßiger Manganeinlagerung, nur die Außenwand der oberen Oberhaut von Manganoxyd durchdrungen und daher im Querschnitt tiefbraun bis schwarz gefärbt (Fig. 3).

Nach und nach breitet sich die Braunfärbung auf den Außenwänden der ganzen oberen Epidermis des Blattes aus, nur die langgestreckten Zellen der Mittelrippe und auch eine schmale Zone des Blattrandes zeigt wenig oder gar keine Neigung zur Einlagerung des braunen Manganoxyds. Dasselbe gilt von der Stengel- und Wurzelepidermis.

---

2. Um zu eruieren, welche Manganverbindungen sich zu unserem Versuche eignen und ob nur anorganische oder auch organische Manganverbindungen hierzu tauglich sind, wurden die folgenden in der Tabelle angegebenen Lösungen in Moldauwasser hergestellt, mit *Elodea* beschickt und starkem diffusen Lichte an einem Nordfenster bei Zimmertemperatur ausgesetzt.

Nummer	Zusatz zum Moldauwasser	Beginn des Versuches	Ende des Versuches	Membranfärbung
1	Keiner	5. April 1909	5. Mai 1909	keine
2	0·05% Manganosulfat			schwache
3	0·05% Manganochlorid			sehr intensiv
4	0·05% Manganokarbonat			» »
5	Spur Permanganat			mäßig
6	bis zur Sättigung Manganphosphat			schwach
7	0·015% Manganum peptonatum ..			»
8	0·015% » tartaricum ...			sehr intensiv
9	0·015% Manganazetat			» »
10	0·015% Manganum salicylicum ..			schwach
11	0·015% » citricum			intensiv
12	0·015% » oxalicum			sehr intensiv
13	0·015% » tannicum			» »
14	0·015% » glycerinicum .			» »
15	0·015% » glycerino-phosphoricum solub.			» »
16	0·015% » fluoratum			» »
17	0·015% » lactatum			» »

Dieser Tabelle seien noch folgende Ergänzungen angefügt.

Manganosulfat. In dem zu der angeführten Zeit gemachten Versuche ergab sich fast gar keine Einlagerung von Manganoxyd. Experimente, die ich zu anderen Zeiten, z. B. im Herbste im direkten Sonnenlichte ausführte, fielen durchwegs positiv aus, und zwar war die Einlagerung so intensiv, daß die Blätter eine bräunliche Farbe annahmen. Bei konzentrierteren Lösungen (0·5 bis 1 Prozent) gelingen die Versuche stets.

Permanganat. Wenn mit dieser Verbindung eine Braunfärbung eintritt, so sind hier zwei Fälle zu unterscheiden. Es kann eine Braunfärbung ganz unter denselben Umständen eintreten, wie bei Darbietung anderer Manganverbindungen. Diese

Einlagerung ist abhängig vom Lichte, wie auf p. 1433 noch genauer erörtert werden wird. Es kann sich aber auch Braunfärbung einstellen ganz unabhängig vom Lichte, also auch im Finstern, weil durch die organischen Substanzen, die die Membranen durchtränken, eine Reduktion des Permanganats eintreten kann. Dies ist z. B. bei *Elodea canadensis* und auch bei *Ceratophyllum demersum* der Fall, wenn die Lösung nicht gar zu verdünnt ist, sondern schon deutliche Rotfärbung zeigt. Es ist interessant, daß z. B. bei der zuletzt genannten Pflanze sich nur ganz bestimmte Teile färben, der Stengel und die Blattbasis nicht, das eigentliche Blatt aber intensiv. Man muß daher annehmen, daß nur die sich färbenden Wände von reduzierenden Substanzen durchdrungen sind. Solche in oder auf der Membran vorhandene Stoffe finden sich bekanntlich auch bei der Wurzel höherer Pflanzen im Gegensatz zu der Epidermis des Stengels.[1]

Schon vor langer Zeit hat Wiesner[2] das übermangansaure Kali als Reagens verwendet, um die Infiltration der Membran mit organischen Substanzen darzutun. Solche Infiltrationen können in der Zellwand an und für sich vorkommen, sie können aber auch beim Absterben des Plasmas aus diesem in die Wand eintreten und dann durch Reduktion des Permanganats angezeigt werden. Die dabei eintretende Braunfärbung ist eine rein chemische Reaktion und hat mit der biologischen Membranfärbung, die der Gegenstand der vorliegenden Abhandlung ist, nichts zu tun. Für diese Art der Membranfärbung empfiehlt sich daher die Anwendung des übermangansauren Kalis aus den dargelegten Gründen nicht.

Mangankarbonat. Die Färbung durch Mangan war eine so intensive, daß die vollständig ausgewachsenen Blätter braunschwarz waren.[3] Die jüngsten Blätter in der Nähe der

---

[1] Vgl. darüber: Molisch Hans: »Über Wurzelausscheidungen und deren Einwirkung auf organische Substanzen. Sitzber. der kais. Wiener Akad. d. Wissensch. Mathem.-naturw. Klasse, 1. Abt. 1887, p. 86.

[2] Wiesner J.: »Einleitung in die technische Mikroskopie etc.«, Wien, 1867, p. 65.

[3] Im Moldauwasser, hingegen war die Färbung im Wiener Hochquellenwasser eine schwache.

Knospenregion hielten sich von der Einlagerung ziemlich frei und bewahrten zunächst ihre grüne Farbe. Stengel- und Wurzelepidermis zeigen niemals eine Einlagerung von Manganoxyd, weder bei dieser noch bei einer anderen Manganverbindung. Die Einlagerung geht von der Blattspitze aus und schreitet gegen die Blattbasis vor. Die obere Hälfte des Blattes ist oft schon tiefbraun, während die untere noch tiefgrün ist.

Manganpepton. Makroskopisch sieht man von der Manganabscheidung nichts. Mikroskopisch aber gibt sich die Einlagerung in einer sehr schmalen konzentrischen Zone der Außenwand der Epidermiszelle zu erkennen. Man sieht, wenn man auf die Epidermiszelle von oben herabblickt, einen braunen in die Länge gezogenen Ring, der in einiger Entfernung von der Zellperipherie mit dieser beiläufig parallel geht.

Manganazetat. Einlagerung sehr intensiv. Die einzelligen haarartigen Blattzähne des *Elodea*-Blattes erscheinen knapp unter der Spitze tiefbraun gefärbt.

Manganum salicylicum. Die Blätter sind, weil die Chlorophyllkörner auffallend klein geworden sind und eine mehr gelblichgrüne Farbe angenommen haben, gelbbräunlich. Die Manganeinlagerung trat nur an der Basis des Blattes auf.

Aus der Tabelle geht hervor, daß *Elodea* aus allen den 16 geprüften anorganischen und organischen Manganverbindungen in mehr minderem Grade Manganoxyd in der äußeren, d. h. von der Lösung direkt umgebenen Wand der oberen Blattepidermis mit einzulagern vermag. Diese Einlagerung kann einen so hohen Grad erreichen, daß die Blätter infolgedessen eine tiefbraune bis schwarzbraune Farbe annehmen. In verdünnten Lösungen (0·015 % oder etwas mehr) von Manganchlorid, Mangankarbonat, weinsaurem, essigsaurem, oxalsaurem, gerbsaurem Mangan, ferner in solchen von Manganum glycerinicum, fluoratum und lactatum tritt diese intensive Vitalfärbung ganz besonders schön auf und der Gegensatz im Aussehen zwischen der gewöhnlichen grünen *Elodea* und der Mangan-*Elodea* ist ein so in die Augen springender, daß ein Uneingeweihter zunächst Zweifel hegen wird,

ob er wirklich *Elodea canadensis* vor sich hat und ob nicht vielleicht eine neue Art oder Varietät vorliegt.

Ich habe seinerzeit gezeigt, daß die bekannte Gartenpflanze *Hydrangea hortensis* in gewissen Böden oder in Erden, denen man Alaun, schwefelsaure Tonerde oder Eisenvitriol zusetzt, nicht in ihrer normalen roten, sondern in einer blauen Farbe blüht, daß man also durch bestimmte Stoffe die Farbe eines Organs, der Blüte ändern kann[1]. Derartige Fälle gehören zu den Seltenheiten. Es ist daher von Interesse, daß nach meinen Versuchen mit *Elodea* auch die Farbe der Blätter sich wesentlich ändern kann, wenn man die Pflanzen in Lösungen der angeführten Manganverbindungen zieht. Der Experimentator hat es ganz in seiner Hand, die *Elodea* grün oder braun zu ziehen, je nachdem er sie mit oder ohne Mangan kultiviert.

Wie stark die Membranen von Manganoxyd innerlich inkrustiert werden können, geht auch aus Aschenpräparaten hervor. Die Asche ist keine formlose, sondern zeigt, ähnlich wie dies bei Kieselskeletten der Fall ist, die Struktur der Oberhautzellen in Form von tiefbraunem Manganoxyd erhalten.

---

3. Die mitgeteilten Beobachtungen gewinnen an Interesse, wenn ich mitteile, daß die charakteristische Einlagerung des Manganoxyds nur im Lichte erfolgt. *Elodea*-Sprosse, die monatelang in Lösungen von Manganverbindungen bei Abschluß von Licht verweilen, zeigen von der beschriebenen Manganeinlagerung nicht eine Spur und behalten ihre grüne Farbe. Von dieser auffallenden Tatsache habe ich mich durch sehr zahlreiche Versuche überzeugt, auch habe ich beobachtet, daß im allgemeinen die Einlagerung des Manganoxyds um so intensiver und rascher eintritt, je stärker (innerhalb gewisser Grenzen) das Licht ist. Im Winter, insbesondere im Dezember kann sogar die Membranfärbung durch Mangan unterbleiben, weil die Intensität des Lichtes zu dieser Zeit schon zu gering ist. Im Hochsommer hingegen kann man im starken Lichte oft schon nach einem Tage Braunfärbung der Membranen feststellen.

[1] H. Molisch, Der Einfluß des Bodens auf die Blütenfarbe der Hortensien. Botan. Zeitung, 1897, p. 49.

Da die Einlagerung des Manganoxyds sich nur im Lichte vollzieht, so lag der Gedanke nahe, daß die Einlagerung vielleicht mit der Kohlensäureassimilation im Zusammenhang steht. Wenn dies richtig wäre, dann müßte in der roten Hälfte des Spektrums die Einlagerung rascher und intensiver eintreten als in der blauen, da ja nach den Untersuchungen von Engelmann[1] und Timiriazeff[2], denen sich Kohl[3] in neuerer Zeit angeschlossen hat, nicht nur in der roten Hälfte des Spektrums ein Assimilationsmaximum vorhanden ist, sondern auch in der blauen, hier aber allerdings ein kleineres.

Zwei Glasgefäße wurden am 6. April mit 0·1prozentiger Manganchloridlösung in Leitungswasser und mit je zwei gesunden *Elodea*-Sprossen versehen. Das eine Gefäß *(A)* kam unter eine Senebier'sche Glocke mit Kaliumbichromat, das andere *(B)* unter eine mit Kupferoxydammoniak. Die Glocken standen an einem Westfenster und genossen zeitweise auch direktes Sonnenlicht. Schon nach 12 Tagen waren die Blätter unter *A* deutlich braun, die des Gefäßes *B* jedoch zeigten erst nach einem Monat eine schwach bräunliche Färbung. Der makroskopische Befund wurde durch den mikroskopischen bestätigt. Die Manganeinlagerung war in dem Gefäß *A* viel intensiver und vorgeschrittener als in dem Gefäß *B*. Dieser Versuch wurde mehrmals wiederholt und ergab stets das gleiche Resultat.

Ist die Einlagerung des Mangans von der Kohlensäureassimilation abhängig, dann müßte die Manganoxydabscheidung in der Membran im Lichte bei Ausschluß von Kohlensäure unterbleiben. Um diesen Gedanken zu prüfen, wurde folgender Versuch gemacht.

Zwei Glasgefäße von je 300 cm^3 Inhalt wurden mit einer 0·1prozentigen Manganchloridlösung in Leitungswasser und mit je einem gesunden *Elodea*-Sproß beschickt. Jedes Gefäß für sich

---

[1] Th. W. Engelmann, Untersuchungen über die quantitativen Beziehungen zwischen Absorption des Lichtes und Assimilation in Pflanzenzellen. Botan. Zeitung, 1884.

[2] Timiriazeff, The cosmical function of the green Plant. Proceedings of the Royal Society. Vol. LXXII, 1903.

[3] F. G. Kohl, Die assimilatorische Energie der blauen und violetten Strahlen des Spektrums. Ber. d. deutsch. botan. Ges., 1897.

wurde auf eine Krystallisierschale gestellt. Über das Gefäß *A* wurde ein Becherglas so gestülpt, daß unten Luftzirkulation möglich war. Auf das andere Gefäß *B* wurde zunächst ein Schälchen mit einer frischbereiteten, mäßig konzentrierten Kalilaugelösung gestellt und über das Ganze kam dann ein Becherglas, das mit Wasser abgesperrt wurde. Zu dem Gefäße *A* konnte also Kohlensäure zutreten, zu dem Gefäße *B* aber nicht oder nur in Spuren und diese wurden von der Kalilauge sicherlich absorbiert. Auch war vor Beginn des Versuches, um die im Wasser vorhandene Kohlensäure zu vertreiben, das Wasser ausgekocht worden. Das Ergebnis des Versuches war folgendes:

Es färbten sich — die Experimente wurden im Mai bis Juli gemacht — die Blätter in beiden Gefäßen nach und nach deutlich braun, unabhängig davon, ob Kohlensäure Zutritt hatte oder nicht. Wenn es daher auch den Anschein hat, als ob die Membranfärbung von der Kohlensäureassimilation nicht abhängig sei, so möchte ich vorläufig noch nicht den Schluß daraus ziehen, daß die Manganeinlagerung mit der Kohlensäureassimilation nichts zu tun habe, denn es könnte ja auch in dem Gefäße, welches von Kohlensäure abgeschlossen war, doch eine schwache Kohlensäureassimilation eingetreten sein, da ja der *Elodea*-Sproß selbst durch Atmung Kohlensäure produziert. Auch könnten Spuren von Kalkkarbonat, die auf den Blättern niedergeschlagen waren, das Material für die Assimilation geliefert haben. Leider konnte ich wegen der Vorbereitungen zu meiner Übersiedlung nach Wien keine exakteren Versuche anstellen und muß daher diesen Punkt unserer Frage noch offen lassen.

Doch, wie dem auch sei, jedenfalls ist nicht daran zu zweifeln, daß sich die Manganeinlagerung nur unter dem Einflusse des Lichtes vollzieht.

---

4. Das Verhalten der *Elodea* gegenüber den Manganverbindungen im Lichte erinnert einigermaßen an die Kalkinkrustationen gewisser Wasserpflanzen.

Bekanntlich inkrustieren sich viele untergetaucht lebende Wasserpflanzen, z. B. *Elodea, Vallisneria, Ceratophyllum, Chara,*

Cladophora, Oedogonium, Potamogeton und andere im Lichte mit kohlensaurem Kalk. Schon Pringsheim[1] hat nachgewiesen, daß die Kalkinkrustation nur im Lichte und Hand in Hand mit der Kohlensäureassimilation erfolgt.

Später hat Hassack,[2] ohne die Arbeit von Pringsheim zu kennen, zunächst gezeigt, daß die Wasserpflanzen einen Teil der Kohlensäure den gelösten Alkalikarbonaten zu entziehen und zu assimilieren vermögen, wodurch sie eine Überführung der doppeltkohlensauren Salze in die normalen Verbindungen bewirken. Ferner zeigte er in Übereinstimmung mit Pringsheim, daß nur dann Inkrustation eintritt, wenn die Wasserpflanzen lebhaft assimilieren. Schon Klebs[3] hat gefunden, daß Algen im Lichte das Wasser alkalisch machen und daß sich dies, wenn man dem Wasser etwas wässerige Phenolphtaleïnlösung beimischt, durch Rotfärbung kundgibt. Hassack konnte dieselbe Fähigkeit bei gewissen Wasserpflanzen wie *Elodea* und *Ceratophyllum* nachweisen und ist der Meinung, daß diese Pflanzen im Lichte Alkali abscheiden und daß diese Sekretion in innigem Zusammenhange mit der Kalkinkrustation steht, zumal sich herausgestellt hat, daß die Inkrustation bei *Chara* nicht bloß bei Darbietung von Kalkkarbonaten, sondern irgend welchen Kalksalzen einstellt. Er meint, daß die Pflanze während der Assimilation im Lichte kohlensaures Alkali abscheidet und daß dieses die Kalksalze als Karbonat fällt.

Die eigenartige Lokalisierung der Manganeinlagerung läßt vermuten, daß in der äußeren Wandschicht der oberen Blattepidermis besondere Umstände zusammentreffen müssen, die gerade hier Manganoxydabscheidung bedingen.

Ob vielleicht nur aus den durch die Manganeinlagerung gekennzeichneten Membranteilen das Alkali, welches die Manganabscheidung veranlaßt, heraustritt oder ob eine

---

[1] N. Pringsheim, Über die Entstehung der Kalkinkrustation an Süßwasserpflanzen. Jahrbücher f. wissensch. Botanik, 19. Bd., 1888, p. 138.

[2] C. Hassack, Über das Verhältnis von Pflanzen zu Bikarbonaten und über Kalkinkrustation. Untersuch. a. d. bot. Instit. zu Tübingen. 2. Bd., p. 465.

[3] G. Klebs, Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. Ebenda, p. 340 bis 341.

bestimmte Struktur oder ein bestimmter Chemismus in diesen Membranstücken die Fixierung des Manganoxyds ermöglicht und begünstigt, ist schwer zu entscheiden. Jedenfalls ist die lokalisierte Mangandeponierung ein hübsches Beispiel dafür, wie weit gediehen die Organisation der so einfach gebaut erscheinenden Zelle ist und wie sogar ihren Membranen an verschiedenen Stellen spezifische Einrichtungen zukommen und verschiedene Aufgaben zufallen.

---

5. Ich habe selbstverständlich auch Umschau gehalten, ob nicht auch andere Wasserpflanzen dieselbe Eigentümlichkeit der Manganeinlagerung wie *Elodea* zeigen, ich habe aber gefunden, daß die Erscheinung nicht weit verbreitet, sondern nur auf einige wenige Pflanzen beschränkt ist. Unter diejenigen, die ich mit positivem Resultat untersucht habe, gehört *Vallisneria spiralis, Ranunculus aquatilis* L. und *Myriophyllum.*

Vallisneria spiralis. In 0·1prozentigem Manganchlorid werden die Blätter im starken diffusen Licht gleichfalls braun, und zwar beteiligt sich hier sowohl die obere wie die untere Epidermis des Blattes. Die Art der Einlagerung ergibt sich am besten aus den Figuren 5 und 6. Blickt man von oben auf die Fläche der Oberhaut (Fig. 5), so sieht man die obere Wand der Epidermiszelle gewöhnlich in Form eines mehr minder ellipsoidischen Mittelfeldes tiefbraun gefärbt und auf dem Querschnitt des Blattes (Fig. 6) bemerkt man, daß die Wand an den betreffenden Stellen sowohl bei der oberen wie bei der unteren Epidermis von eingelagertem Manganoxyd dunkelbraun gefärbt ist und daß die Membran nicht selten zapfenartige Vorsprünge in das Lumen der Zelle bildet, die gleichfalls von der eingelagerten Manganverbindung dunkel- bis schwarzbraun gefärbt erscheinen.

Ranunculus aquatilis. In ähnlicher Weise vollzieht sich auch bei dieser Pflanze die Manganspeicherung. Die borstlichen Blattzipfel der untergetauchten Blätter werden in 0·1prozentiger Manganchloridlösung im Sommer bei starkem diffusen Lichte alsbald schwarzbraun.

Bei mikroskopischer Betrachtung zeigt sich, daß die äußeren Epidermiswände der Blattzipfel sich in ähnlicher Weise durch Manganoxyd braun färben wie bei *Elodea* und *Vallisneria.* Auch hier bleibt eine schmale periphere Zone der Außenwand von der Manganinfiltration verschont oder sie tritt später oder wenigstens im minderen Grade ein als in den mehr zentralen Partien der Wand. Am Querschnitt eines Blattzipfels (Fig. 7) erkennt man sofort, daß nur die Epidermis und von ihr nur die Außenwand die Manganoxydeinlagerung besorgen. Die Wand erscheint häufig verdickt oder mit zentripetalen Vorsprungsbildungen versehen, die infolge der Manganspeicherung gleichfalls schwarz oder schwarzbraun erscheinen (Fig. 7).

Myriophyllum verticillatum L. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich wie bei *Ranunculus aquatilis.* Auch hier werden die Blattzipfel infolge von Manganeinlagerung in der Oberhaut braun.

Ich zweifle nicht, daß man bei weiteren Untersuchungen noch andere submers lebende Wasserpflanzen finden wird, die Mangan in der Oberhaut einzulagern vermögen, doch dürfte sich die Erscheinung, wie bereits bemerkt, nach meinen bisherigen Erfahrungen nicht als eine gerade häufige herausstellen.

Erklärung der Tafel.

Vergrößerung bei allen Figuren etwa 300.

Fig. 1. *Elodea canadensis.* Obere Epidermis des Blattes. Nach dreitägigem Aufenthalt in 0·1prozentiger Manganochloridlösung am Lichte. Die Färbung zeigt die beginnende Einlagerung von Manganoxyd.

Fig. 2. Dasselbe nach 12 Tagen.

Fig. 3. Dasselbe im Querschnitt des Blattes. Die Einlagerung ist auf die Außenhaut der oberen Epidermis beschränkt.

Fig. 4. Dasselbe wie in Fig. 1, aber nach einmonatlichem Aufenthalt in 0·1-prozentiger Manganochloridlösung. *a* Flächenansicht, *b* Querschnitt des Blattes.
b zeigt auch die beginnende Einlagerung in der unteren Epidermis. Die obere Epidermis zeigt vorspringende, von Manganoxyd dunkel gefärbte Zapfenbildungen *z*.

Fig. 5. *Vallisneria spiralis.* Stück der Blattepidermis. Die Einlagerung von Manganoxyd ist hier mehr zentral. Nach einmonatlicher Kultur in 0·1-prozentiger Manganochloridlösung.

Fig. 6. *Vallisneria spiralis.* Stück eines Blattquerschnittes. Die Einlagerung erfolgt sowohl in der oberen als in der unteren Epidermis, auch in Form von zentripetalen Vorsprungsbildungen. Sonst wie vorher.

Fig. 7. *Ranunculus aquatilis.* Blattzipfelquerschnitt. Nach zehntägigem Verweilen in 0·1prozentiger Manganochloridlösung. Das Mangan wird auch hier nur in der Oberhaut eingelagert.
